



УДК 621.36

СРАВНЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ИНДУКЦИОННОГО НАГРЕВА РАЗЛИЧНЫХ ЗАГОТОВОК**COMPARISON OF INDUCTION HEATING PARAMETERS OF VARIOUS BILLETS**

Тарчуткин Николай Владиславович, студент каф. «Электроэнергетика и электротехника», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: Nik_tar@mail.ru, Тел.: +7(912)218-91-60

Смолянов Иван Александрович, научный мастер, бакалавр, Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: adskiibot@gmail.com, Тел.: +7(950)555-34-50

Шмаков Евгений Игоревич, студент каф. «Электроэнергетика и электротехника», Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина, Россия, 620002, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19. E-mail: Shmakovz@mail.ru. Тел.: +7(912)620-18-46

Nikolay V. Tarchutkin, student, Department «Elektroenergetika i elektrotehnika», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: Nik_tar@mail.ru. Ph.: +7(912)218-91-60

Ivan A. Smolianov, scientific master, bachelor, Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: adskiibot@gmail.com, Тел.: +7(950)555-34-50

Eugeny I. Shmakov, student, Department «Elektroenergetika i elektrotehnika», Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin, 620002, Mira street, 19, Ekaterinburg, Russia. E-mail: Shmakovz@mail.ru. Ph.: +7(912)620-18-46

Аннотация: В данной работе рассматривается индукционный нагрев различных форм заготовок с помощью лабораторной установки Автоклав. Проводится сравнение тепловых и энергетических характеристик.

Abstract: In this paper, we consider the induction heating of various forms of blanks using a laboratory Autoclave. The thermal and energy characteristics are compared.

Ключевые слова: индукционный нагрев; физический эксперимент; алюминиевые заготовки.

Key words: induction heating; physical experiment; aluminum billets.

ВВЕДЕНИЕ

Индукционный нагрев металлов, применяемый в промышленных установках с конца XIX века, в настоящее время получил широкое распространение во многих областях промышленности, медицины и бытовой [1]. Причиной такого успеха индукционного нагрева являются те достоинства, которые присущи этому виду нагрева. Они в основном определяются тем, что при индукционном нагреве теплота выделяется непосредственно в нагреваемом теле, благодаря чему использование тепла оказывается более совершенным и обеспечивается высокая скорость нагрева. Также данный нагрев является бесконтактным нагревом, что позволяет практически исключить нагрев окружающей среды. Большая скорость нагрева является дополнительным преимуществом по сравнению с нагревом в печах сопротивления, в пламенных печах и т. д., когда нагреву подвергается лишь внешняя поверхность металла, а подогрев

глубинных частей осуществляется за счет теплопроводности, т. е. сравнительно медленно [1]. Применение индукционного нагрева подробно описано в [2] и [3].

Автоклав является индукционной установкой, предназначенной для нагрева и перемешивания реагентов во время проведения химических реакций в специальных условиях (при заданных давлении и температуре). Скорость реакций в большой степени зависит от условий перемешивания реагентов. Индукционный автоклав позволяет с высокой точностью поддерживать заданные температуры и давление, а также интенсивно перемешивать реагенты без каких-либо перемещений капсулы, в которой находятся данные реагенты.

ОПИСАНИЕ УСТАНОВКИ

Лабораторная установка представляет собой катушку, магнитопровод, образцы заготовок,

источник питания и измерительный центр. Данная установка изображена на рис. 1.

сигналы обрабатываются на компьютере с помощью программы Signal Express NI.

Измерительный комплекс состоит из компьютера, АЦП, термопар и встроенного измерительного модуля «Овен», предназначенного для измерения электрических параметров системы. Полученные

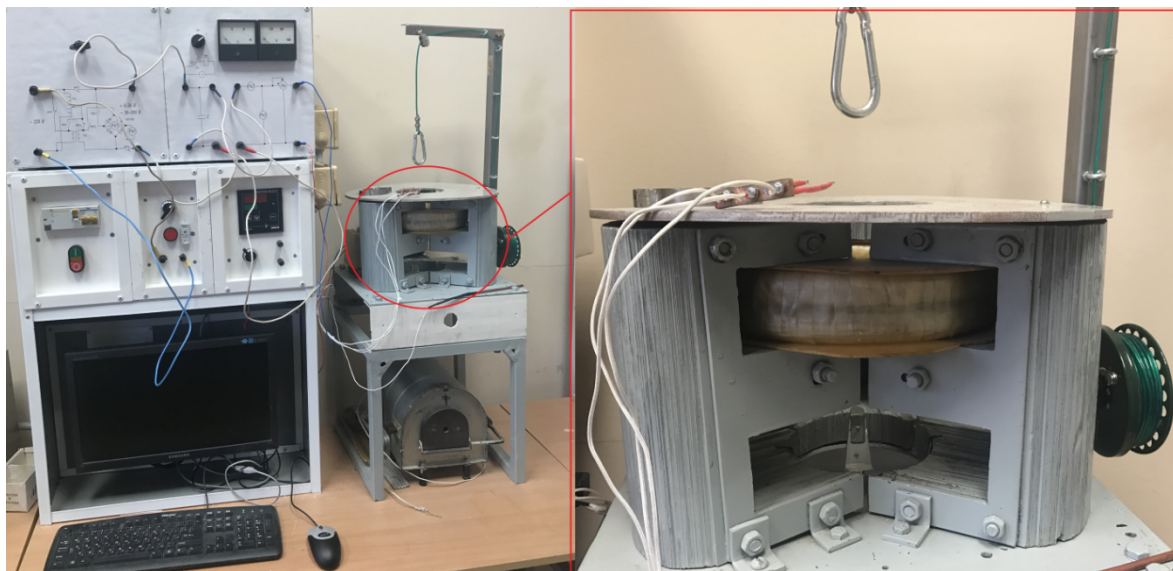


Рис. 1. Лабораторная установка Автоклав

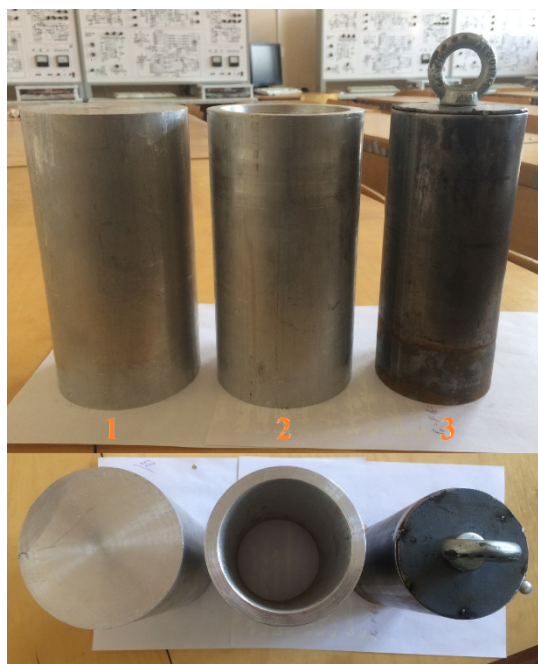


Рис.2 Образцы заготовок

В работе исследуются 3 вида заготовок, изображенных на Рис. 2: заготовка 1 (Al), заготовка 2 (Al) и заготовка 2 с сердечником 3 (Fe). Размеры заготовок представлены в таблице 1, где h – высота, d – диаметр, δ – толщина стенки заготовки.

Таблица 1.

Размеры заготовок

Номер заготовки	1	2	3
h , мм	201	202	203
d , мм	109.4	109.5	89.3
δ , мм	-	10	-

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ДАННЫЕ

В данной части работы приводятся экспериментальные результаты работы, полученные на лабораторной установке. Даются краткие комментарии по эффективности использования различных форм нагрузок.

Во время нагрева заготовки обмотка индукционной установки нагревается и меняет свое сопротивление. Чтобы поддерживать одинаковое значение силы тока независимо от изменения сопротивления обмотки, в ходе каждого эксперимента необходимо корректировать напряжение.

Измерение температуры производилось с помощью четырех термопар. На Рис.3 указано, на каком расстоянии от внешнего края заготовки располагалась термопара.

Тепловые характеристики на Рис. 3 получены при номинальном токе 5 А и изменении питающего напряжения от 205 до 230 В в зависимости от

опыта. Анализируя данные характеристики, можно сделать вывод, что самой низкой скоростью нагрева обладает заготовка номер 1. Также стоит отметить, что в случае 1-ой загрузки (Рис. 3, а) обмотка нагревается быстрее, чем сама заготовка, что недопустимо в процессе производства. Поэтому в этом случае необходима повышенная изоляция между индуктором и заготовкой.

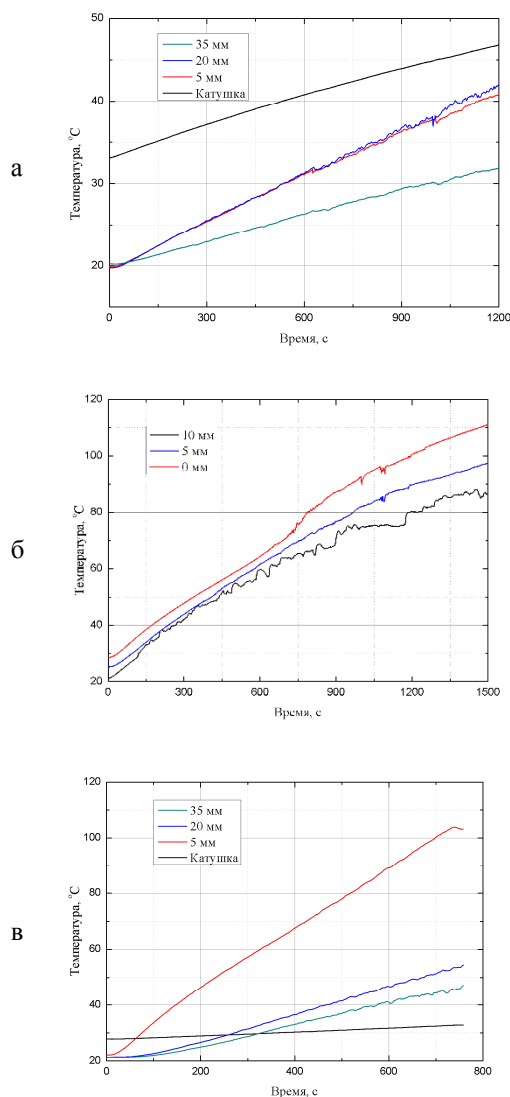


Рис. 3. Тепловые характеристики нагрева (а) – заготовки 1, (б) – заготовки 2, (в) – заготовки 2 с сердечником 3.

Максимальная энергия выделяется в крайних слоях заготовки при индукционном нагреве. Поэтому прогрев заготовки 2 с сердечником 3 происходит быстрее, чем в первых двух случаях. Это связано с тем, что обмен теплом алюминия с воздухом меньше, чем тепловые потоки посредством теплопроводности. Наличие

железного сердечника внутри заготовки снижает магнитное сопротивление магнитных потоков, что приводит к существенному ускорению нагрева слоя алюминия (Рис. 3, в).

Таблица 2.

Электрические характеристики установки в начальный момент времени

Эксперимент	а	б	в
Активная мощность, Вт	289.348	337.174	441.196
Реактивная мощность, ВАр	1005.372	1057.773	948.599
Полная мощность, ВА	1046.181	1110.212	1046.181
Коэффициент мощности	0.277	0.304	0.423

Таблица 3.

Электрические характеристики установки в последний момент нагрева

Эксперимент	а	б	в
Активная мощность, Вт	310.870	363.478	493.176
Реактивная мощность, ВАр	1001.634	1080.029	966.236
Полная мощность, ВА	1047.370	1139.552	1084.820
Коэффициент мощности	0.296	0.319	0.455

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Сравнив электрические характеристики, представленные в таблицах 2,3, а также скорости нагрева заготовок, можно сделать следующий вывод: нагрев заготовки 2 с сердечником 3 является оптимальным как по энергетическим, так и по тепловым показателям.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. O. Lucia, P. Maussion et. al. Induction Heating Technology and Its Applications: Past Developments, Current Technology, and Future Challenges // IEEE Transactions on industrial electronics. May 2014. Vol. 61, No. 5. pp.2509-2520.
2. Богданов В.Н., Рыскин С.Е. Применение сквозного индукционного нагрева в промышленности. М., Л.: Машиностроение, 1965. 96 с.
3. Данилов Н.И., Щелоков Я.М. Основы энергосбережения. Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2010. 564 с.